

核电厂安全防火区管理优化和探讨

何钊

阳江核电有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i2.7603

[摘要] 核电厂消防管理的目标是确保在所有运行工况中能够有效预防和控制火灾事故,不因火灾造成核事故、损坏核安全设备和核安全屏障,最大限度减少人员伤亡和财产损失。本文重点关注核电厂防火管理重点和难点问题,对安全防火区和防火屏障完整性管理问题进行了研究,结合多年核安全监督管理经验,参考国际先进管理经验和实践,借鉴运行技术规格书的管理理念和方式。通过日常巡视检查、计划工作控制和限定修复期限等措施,使核电厂安全防火区屏障的完整性得到良好的管理,达到优化管理、提高防火有效性的目的。

[关键词] 防火区; 防火屏障; 完整性

中图分类号: TL334 **文献标识码:** A

Optimization and Investigation on Safety Management Fire Zone in Nuclear Power Plants

Bu He

Yangjiang Nuclear Power Corp. Ltd

[Abstract] The goal of fire management in nuclear power plants is to ensure that fire accidents can be effectively prevented and controlled in all operating conditions, without causing nuclear accidents, damaging nuclear safety equipment and nuclear safety barriers, and minimizing casualties and property losses. The goal of fire management in nuclear power plants is to ensure that fire accidents can be effectively prevented and controlled in all operating conditions, minimizing casualties and property losses. This article focuses on the key and difficult issues of fire protection management in nuclear power plants and studies the management issues of safe fire zone and fire barrier integrity. Based on nuclear safety oversight and management experience over the years, through measures such as daily inspection, planned work control and limited repair period, it refers to international advanced management experiences and practices, and the management concept and method of operational technical specification to optimize management and improve fire protection effectiveness.

[Key words] fire zone; fire barrier; integrity

引言

核电厂消防管理的目标是确保在所有运行工况中能够有效预防和控制火灾事故,不因火灾造成核事故、损坏核安全设备和核安全屏障,最大限度减少人员伤亡和财产损失。在核动力厂设计、建造、调试、运行及退役的整个过程中,防火安全都是重要的。

《核动力厂运行防火安全》(HAD103/10)对核动力厂管理者、运行人员、安全评价人员和安全监管人员提供了在核动力厂整个寿命期内为保持维持足够的防火安全水平采取合适措施的指导。导则要求采用纵深防御的原则,在设计上应做出各种努力将火灾风险降至最低,并对防火管理、消防行动、质量保障、应急安排等方面做出了规定和要求。在核电厂运行管理体系下,本文针对核电厂防火区和防火屏障优化管理运作进行了研究和总结,有利于更好的控制火灾风险,提升核电厂防火安全性。^[1]

1 防火管理现状分析

核电厂依据核安全法律法规和消防相关法律法规,建立了完善的消防管理体系,包括消防管理大纲、防火控制、防火检查和火警响应等系统管理程序和技术程序。

核电厂设置安全防火区的目的是确保在外界发生火灾情况下,安全防火区内系统和设备能够不受火灾影响而继续执行其安全功能,厂房内为了限制火灾后果和分离冗余系列设置了不同列的安全防火区。安全防火区(SFS)是由实体防火屏障组成的封闭区域,包括防火墙、防火门、防火风阀、防火地漏和防火封堵等屏障组成。

针对防火安全,电厂工作人员定期对消防系统的状态或相关防火分区的状态进行检查、消缺和处理,确保其处于有效的状态。这些检查包括:

表一 防火屏障被破坏的主要原因和风险

序号	屏障破坏	主要原因	风险
1	防火门处于开启状态或失效	1) 维修防火门; 2) 人员频繁出入,将防火门强制开启; 3) 管道、电缆从防火门处穿过; 4) 防火门破损、被卡在开启位置	1) 防火门失效,火灾烟雾蔓延 2) 火灾扩散,可能影响灭火行动
2	打开防火封堵或封堵失效	1) 铺设电缆、更换电缆打开封堵 2) 更换防火封堵; 3) 防火孔洞未封堵或封堵不规范 4) 防火封堵上有贯穿性缺陷; 5) 防火孔洞缺失堵板;	1) 防火封堵失效,火灾烟雾蔓延 2) 电缆燃烧火灾扩散
3	防火风门打开或失效	1) 维修防火风门; 2) 防火风门被卡住开启位置; 3) 防火风门防火性能降级	1) 防火风门失效,火灾蔓延 2) 失去隔离烟雾的功能
4	防火墙	1) 工作需要防火墙开孔; 2) 防火墙有贯穿性缺陷;	防火墙失效,导致烟雾扩散
5	防火保护外套	1) 防火保护外套缺失、破裂或降级; 2) 工作需要打开防火保护外套;	1) 防火保护外套失效,火灾蔓延 2) 电缆燃烧火灾扩散
6	防火地漏	缺失防火地漏液;	防火地漏失效,烟雾扩散

(1) 监督检查:重要消防相关系统日常巡视检查验证、厂房防火屏障完整性、消防系统、厂房物料存放的厂房安全检查;(2) 专项检查:较大火灾风险的系统/设备启动前检查、换料大修后或消防系统的状态或相关防火区的状态受到较大影响(例如防火区边界被破坏)的检查;(3) 评估检查:按计划开展厂房评估评价检查,也包括对厂房管理人员的检查进行监督和评估等。^[2]

实际上,上述各种检查巡查都属于被动的、不定期的、非连续的管理手段,由于种种原因都可能有意无意的破坏防火屏障完整性,造成防火区独立屏障功能被破坏,防火屏障被破坏后,缺陷多、地域广、情况复杂、现场多变化等,通过现场检查巡查来及时发现问题有一定的困难。主要的防火屏障被破坏的原因和风险如下表一:

2 防火分区完整性管理

防火工作作为整个电厂运行管理的一个重要组成部分,必须确保相关消防系统的可用性与防火屏障的完整性。其中,确保各厂房或防火区防火功能的完整性是电厂防火管理的重点内容。

根据核安全管理运行技术规格书中对核安全相关设备可用性管理的理念和思路,对防火屏障进行分级管理,根据屏障缺陷的不同种类、不同部位、不同后果影响分别管理,规定不同的处理期限。^[4]

2.1 管理措施

如果在安全防火区域发生影响有效执行消防行动单/卡的缺陷和故障,必须及时发出维修工作申请或改造申请并尽快安排处理。必要时,在安全防火区域处于不完整状态又不能立即完成维修的时间区间内,电厂必须考虑和执行缓解措施。

2.1.1 根据安全防火区失效性质(可预见和非预期),划分为两种事件

计划事件:安全防火区域失去完整性的原因和时间段是已

知和预先安排确定的,宣布为计划事件。

随机事件:安全防火区域失去完整性是通过现场巡检、定期试验等某一手段检测到,其发生的原因和频度是随机的、偶发的,宣布为随机事件。

计划事件可通过工作计划、时间调整、预先制定措施等方式进行有效控制,这类事件的风险相对较小,但这类事件最能体现电厂管理水平;随机事件发生地点、频率不确定,风险相对较大,需要加强巡视和检查将这类事件控制在可接受的风险范围内。

2.1.2 安全防火区域完整性异常划分为两种情况

边界失去完整性:火灾发生时传播或蔓延到防火区外。根据安全区、小区和外界情况,分为3种情况:类型1、类型2、类型3。

边界密封降级:由于采取临时密封措施,火灾则耐火性能达不到原设计的时限要求。根据安全区、小区和外界情况。分为3种情况:类型A、类型B、类型C。

表二 安全防火区完整性管理要求

事项	安全防火区之间失去完整性且影响冗余安全设备	安全防火小区之间失去完整性且不影响冗余安全设备	安全防火小区与外界之间失去完整性
防火门	14 天	30 天	90 天
贯穿件或开孔	14 天	60 天	90 天
孔洞	14 天	60 天	90 天
防火阀门	14 天	60 天	90 天
防火保护外套	14 天	30 天	90 天
防火地漏	按照地漏水封检查频率	按照地漏水封检查频率	按照地漏水封检查频率

主控室操纵员跟踪和管理安全防火区域失去完整性的故障情况,实时更新控制室白板上的相关事件信息,产生和消除的事件及原因必须记录在主控日志内。从管理风险的角度,事件必须在规定的期限内消除,表二显示了不同安全防火区域失去完整

性的故障情况下需要遵守的修复期限。

2.2应用情况

截至2023年底,以一号机组为例,共统计到FZI相关记录714条,其中计划事件429条,随机事件285条。

计划事件可以通过日常工作安排有意产生,综合考虑火灾载荷、火灾风险、对电厂运行影响、临时防护措施等因素后安排。计划安排一定需要在临时消防设备、临时监视手段就位后才能进行。计划事件主要有:(1)短时打开防火门:为了临时频繁出入、门两边临时工作、穿门电缆管道布设;(2)临时打开防火盖板:为了维修工作、改造工作;(3)临时打开防火封堵:为了维修工作、改造工作等等。

随机事件为日常发现的屏障相关缺陷或故障,从发现起开始记录,并按照日常生产管理要求组织消缺,统计如下表三所示。

通过防火区屏障的管理优化,将防火屏障缺陷置于日常生产管理体系之下,分级管理使防火区屏障的管理日常化、连续化、分级别、有期限,提升了管理效率。^[3]

表三 一号机组防火屏障管理统计

序号	设备	数量	故障现象举例
1	防火门	169	闭门器故障、密封条脱落、防火门底部缝隙大于9mm、锁舌故障房门无法关闭等
2	孔洞	68	房间贯穿、穿墙管道缝隙未进行封堵、电缆穿墙处未封堵、墙面上部孔洞贯穿、地面上有木板盖着的孔洞、电缆孔洞未封堵等
3	防火保护外套	3	防火封套损坏、防火防护外套破损、防火封包破损
4	防火地漏	30	缺少地漏液、未使用防火地漏盖板导致该防火地漏失去水封功能、地漏液干涸等
5	防火组件	2	防火盖板把手状态异常,无法正常关闭;防火风管出现裂缝
6	防火阀门	13	火灾信号风门无法自动完全关闭、风门全关力矩较大无法关到位等

3 结论

从总体上看,执行安全防火区完整性管理规范管理后,通过日常巡视检查、计划工作控制和限定修复期限等措施,使核电厂安全防火区屏障的完整性得到良好的管理,屏障缺陷数量、部位、后果影响可知可控,屏障修复受日常生产分级有计划的管控状态,屏障管理上相对以前有较大的进步,对核电厂防火安全有较大的贡献。

(1)经过分级管理,防火屏障的状态以及风险和影响都能可知可控,管理上我们可以控制不同的维修时间和补充增加临时措施,使风险最小化。(2)预防性的打开防火屏障是可以严格控制的,控制的依据是其火灾风险,控制的关键是计划安排和打开屏障的时间。(3)长期运行后,可以开展防火屏障状态趋势分析和二次分析,得出防火薄弱点和风险点,对后续防火改进输入必要的信息。

本管理方法具有一定的管理优点和优势,已经在同类核电厂推广应用。

[参考文献]

[1]《核动力厂运行防火安全》(HAD 103/10),国家核安全局,2021-12-27.

[2]法国“压水堆核电站防火设计和建造规则”,RCC-I97.

[3]商志国,蔡奇.核电厂防火区完整性管理[J].电力安全技术,2020,22(10):60-62.

[4]关炜,李艳丽,王乐,等.某在建核电厂安全防火分区设计改进[J].给水排水,2018,54(S1):164-165.

作者简介:

何钲(1973—),男,汉族,四川省遂宁市人,大学本科,阳江核电有限公司,工程师,研究方向:核安全监督管理。